

Санкт-Петербургский государственный университет

Выпускная квалификационная работа на тему:  
**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ КАК УСЛОВИЕ  
ВОЗНИКНОВЕНИЯ ИЛЛЮЗИИ «РЕЗИНОВОЙ РУКИ»**

по направлению подготовки 37.03.01 - Психология  
основная образовательная программа «Психология»

Выполнил:  
Студент 4 курса  
очной формы обучения  
Горюнова Ирина Евгеньевна

Рецензент:  
к.пс.н., старший преподаватель  
Горбунов Иван Анатольевич

Научный руководитель:  
к.пс.н., доцент  
Кувалдина Мария Борисовна

Санкт-Петербург

2017

## **АННОТАЦИЯ**

### **«Пространственная синхронизация как условие возникновения иллюзии «резиновой руки»»**

Для изучения влияния разных типов пространственной асинхронизации на эффект иллюзии «резиновой руки» было проведено экспериментальное исследование по внутригрупповому плану. В нем приняли участие 31 человек в возрасте от 18 до 28 лет. В качестве варьируемых факторов были выбраны угол изменения положения рук (5, 10, 15 и 30 градусов), тип смещаемой руки (резиновая, настоящая, обе) и характер смещения (синхронное положение рук относительно друг друга или относительно корпуса). Измерялись субъективный (адаптированный опросник М.Ботвиника) и объективный (проприорецептивное смещение) показатели иллюзии «резиновой руки». Обработка данных производилась при помощи дисперсионного, корреляционного анализа и непараметрических методов сравнения зависимых выборок. Обнаружено, что увеличение градуса отклонения от параллельного состояния рук уменьшает иллюзию, а противопоставление положения обеих рук всей «схеме тела» человека оказывается критичным для иллюзии. Таким образом, пространственная синхронизация относительно всего тела является более важным условием, чем пространственная синхронизация рук относительно друг друга.

Ключевые слова: схема тела; иллюзия «резиновой руки»; логика восприятия; пространственная синхронизация.

## **Abstract**

### **«Spatial synchronization as conditions for the occurrence of Rubber Hand Illusion»**

In order to study the influence of different types of spatial desynchronization on the effect of “rubber-hand illusion”, an experimental research has been conducted. Test group consisted of 31 people aged from 18 to 28. Variable factors were as follows: hands positioning (5, 10, 15 and 30 degrees), type of the hand being displaced (rubber, real, both) and type of displacement (“synchronized” hand positioning in relation to each other and in relation to the body). Both subjective (adjusted questionnaire by M. Botvinnik) and objective (proprioceptive drift) showings of “rubber hand” illusion were measured. Data processing was carried out via dispersive, correlative analysis and nonparametric comparison methods of dependent samples. It was discovered that increasing of angle degree from the parallel position of hands decreases the illusion, while contrapositioning of both hands to the entire “body scheme” is vital for the illusion. Thus, spatial synchronization in relation to the entire body is a more important condition than spatial synchronization of hands in relation to each other.

Keywords: body image; rubber hand illusion; logic of perception; spatial synchronization.

## Содержание

АННОТАЦИЯ.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА 1. Общие сведения о феномене иллюзии «резиновой руки».....	9
1.1.1. Понятие «схемы тела» и ее свойства.....	9
1.1.2. Предпосылки к открытию иллюзии «резиновой руки» .....	13
1.2.1. Иллюзия «резиновой руки»: оригинальный эксперимент .....	16
1.2.2. Модификации оригинального эксперимента .....	18
1.2.3. Обзор теоретических обоснований иллюзии «резиновой руки» ..	23
1.2.4. Методы замера действия иллюзии .....	27
1.3.1. Прикладное значение.....	29
ГЛАВА 2. Методы и организация исследования .....	31
2.1 Описание выборки .....	32
2.2 Инструменты и методы замера эффекта иллюзии.....	32
2.3 Методы обработки данных.....	39
ГЛАВА 3. Результаты исследования и их обсуждение .....	40
3.1. Пилотажный эксперимент.....	40
3.2. Репликация «классического эксперимента» с иллюзией «резиновой руки».....	40
3.3. Репликация эксперимента Константины и Хаггарда .....	41
3.4. Анализ синхронного и асинхронного смещения рук относительно всего тела .....	43
3.5. Обсуждение результатов.....	45

ВЫВОДЫ .....	51
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	53
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	56
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	57

## ВВЕДЕНИЕ

Иллюзия «резиновой руки» — это феномен, порождающий нарушение работы мультисенсорной интеграции, т. е. процесса сопоставления информации из разных сенсорных источников, возникающее в процессе построения схемы тела и управления движениями (Kaji, 2001).

Во время формирования иллюзии изменяются «образ тела» и «схема тела» человека. Субъективное переживание иллюзии характеризуется восприятием резиновой руки как своей собственной (ownership) и «уменьшением обладания» реальной рукой (disownership): рука холодеет, тяжелеет, теряет чувствительность, затекает или просто «выключается» из восприятия. Резиновая рука приобретает внешнее сходство с реальной рукой человека. В некоторых случаях резиновая рука может казаться абсолютно идентичной реальной руке (Перепелкина, Арина, Николаева, 2014). Эти ощущения фиксируются при помощи опросника (субъективный замер иллюзии), разработанного Ботвиником в 1998 году.

Так как иллюзия вносит изменения в «схему тела», то после эксперимента испытуемый ощущает свою руку расположенной пространственно ближе к резиновой руке, нежели в том месте, где он ощущал ее до эксперимента. Разница между этим ощущением «до» и «после» — проприорецептивное смещение (объективный замер иллюзии), ставший классическим способ замера эффекта иллюзии «резиновой руки».

Предпосылкой к открытию этого феномена стало изучение фантомных болей у людей с ампутированными конечностями. Так профессор Рамачандран создал зеркальный ящик с помощью которого фантомная конечность вместе с боль исчезала из «схемы тела человека» (Ramachandran et al., 1995).

Популярным методом исследования иллюзия «резиновой руки» стала после публикации статьи профессоров Ботвиника и Коэна. В ней они впервые описали феномен иллюзии и разработали эксперимент, который дал толчок для появления целого направления исследований, проводимых при помощи иллюзии «резиновой руки» (Botvinick, Cohen, 1998).

Было проведено немало всевозможных репликаций и модификаций этого эксперимента. Что расширило наши знания о границах феномена иллюзии «резиновой руки». Теперь мы знаем, что для формирования иллюзии необходима точная синхронность в стимуляции, а малейший асинхрон устраняет ее.

Долгое время считалось, что таким же необходимым условием для возникновения иллюзии «резиновой руки» является параллельное расположение настоящей и искусственной рук испытуемого (синхронность рук относительно друг друга). Но эксперименты Константины и Хаггарда опровергли это утверждение. Иллюзия все еще возникает, когда настоящая рука испытуемого отклоняется от исходного положения вплоть до 20 градусов. Но при смещении реальной руки иллюзия не возникала (Costantini, Haggard, 2007) даже на позиции в 10 градусов..

Эти данные согласовываются с концепцией пространственно-временной синхронизации, созданной Артелям и Рамачандраном для объяснения результатов их экспериментов, где иллюзия возникала в ситуациях, когда это считалось невозможным — вместо резиновой руки использовались объекты не имеющие визуального сходства с реальной рукой. Артель и Рамачандран предположили, что иллюзия возникает благодаря «байесовской логике» работы восприятия — «высокая вероятность увиденного и ощущаемого прикосновения облегчает восприятие различных модальностей, которые становятся более тесно „связанными“, и, следовательно, увеличивают яркость того, что видимое и ощущаемое прикосновение происходят из одного источника». Таким образом любой объект может стать частью нашего «Я» при достаточной корреляции событий (Armel, Ramachandran, 2003).

Если предположить, что концепция Армеля и Рамачандрана верна, то ни вид руки, ни ее положение в пространстве не должны оказывать негативного влияния на иллюзию «резиновой руки». Но каковы границы этого феномена? Почему иллюзия не возникает при повороте руки на 90 и 180 градусов (Pavani, Spence, Driver, 2000), если пространственный фактор не важен

для нее? Как именно пространственный асинхрон влияет на эффект иллюзии «резиновой руки»?



## **ГЛАВА 1. Общие сведения о феномене иллюзии «резиновой руки»**

### **1.1.1. Понятие «схемы тела» и ее свойства**

Феномен иллюзии «резиновой руки» неразрывно связан с такими понятиями как «образ тела» и «схема тела» человека.

До 1905 года не существовало такого понятия, как «схема тела», его ввел Бонье (Bonnier, 1905). Только после этого ученые приняли факт существования некоторой ментальной репрезентации тела, называемой «схема» или же «образ тела». Впоследствии стало понятно, что одна репрезентация не в состоянии отвечать за столь сложные системы: понятия разделились и начали подразумевать под собой разные вещи (Vignemont, 2010).

«Схема тела» состоит из сенсомоторных представлений тела, направленных на действие, а «образ тела» — это все остальные представления о теле, которые не используются для движения (Gallagher, 2005).

На основе клинических наблюдений Хэд и Холмс в 1911 году сделали выводы о том, что в течении жизни в коре головного мозга формируется «постуральная модель тела», на основе синтеза ощущений, исходящих от различных частей тела человека (Head, Holmes, 1911), т. е. представление об относительной величине ее частей, их взаимосвязи, положении и т. д. (Левик, 2012). Авторы отмечают, что эти сигналы относятся к визуальной, тактильной и проприорецептивным модальностям. При этом схема тела является мультимодальной или даже надмодальной конструкцией. Ведь мозг должен «понимать», что кинестетическая конечность и конечность, воспринимаемая зрительно, — это одна и та же конечность. Поэтому нет смысла приравнивать схему тела к сенсорному гомункулусом — его можно рассматривать лишь в качестве базы для формирования схемы и ее дальнейшей перекалибровки.

В ходе исследований были сделаны выводы о том, что «схема тела» человека — это динамическая система, которая не просто может, но и активно обновляется. Это достигается за счет двух блоков: один, относительно

статичный, отвечает за представление человека о том, каких размеров та или иная часть тела, а второй — за угол, под которым на данный момент находится эта часть. Вполне естественно, что второй блок несет кратковременную информацию, т. к. мы постоянно двигаемся, меняем свое положение. Первый же более константен: на протяжении десятка лет у человека могут не меняться размеры частей тела. Однако, и этот блок подлежит корректировке. Например, если маленький ребенок захочет засунуть руку в банку с вареньем, веря в то, что рука без последствий проникнет в нее, но застрянет, то его схема тела будет модифицирована. Репрезентация размера руки будет отличаться от той, что была до попытки малыша (Vignemont, 2010).

С целью выяснения того, как происходит формирование схемы тела в онтогенезе, как в процессе созревания двигательной системы меняется точность внутреннего представления длин звеньев в процессе созревания двигательной системы, изучалась точность указывания характерных точек руки (локтя, запястья, конца среднего пальца) без зрительного контроля у взрослых и у детей 4-11 лет (при длительном пребывании в неподвижной расслабленной позе). Регистровалась начальная ошибка восприятия и динамика ее возрастания со временем. Были установлены существенные возрастные отличия в точности внутренней модели верхней конечности: у детей при отсутствии зрительного контроля происходит кажущееся укорочение и предплечья, и кисти, а у взрослых, в основном, — только предплечья. Показано, что эффективность использования зрительной информации для коррекции внутреннего представления о положении конечности у детей до 6–7 лет значительно ниже, чем у детей старших возрастов и у взрослых. У детей сенсорный конфликт, вносимый инвертирующими призматическими очками, вызывает значительно большие затруднения в показе характерных точек руки, чем у взрослых. Это связано с тем, что формирование внутренней модели конечности у детей 6–7 лет не завершено, и во время выполнения проб они в большей степени зависят от проприоцептивных и зрительных обратных связей. Таким образом, внутреннее представление о длинах звеньев у детей является менее точным и более вариативным, чем у взрослых (Левик, 2006).

Схема тела также обеспечивает чувство нахождения внутри собственного тела, чувство контроля за своими действиями, ощущение границ, разделяющих мир на «я» и «не я», и принадлежности частей тела. Внутренняя модель тела существенный элемент в системе регуляции позы и движений. Она позволяет осуществлять оперативное регулирование по таким параметрам, которые не могут быть непосредственно измерены рецепторами, например, по положению общего центра масс. Оперативное регулирование проявляется в почти мгновенном переключении активности с разгибателей на сгибатели при переходе в состояние невесомости. Кроме оперативных регуляторов система регуляции позы включает консервативную часть. Эта часть связана с неизменяемыми элементами схемы тела и задает «установки» для оперативных регуляторов, т. е. оптимальные значения параметров, относительно которых осуществляется регулирование (Левик, 2012).

Другие исследователи не используют термин «схема тела», но признают, что нервная система каким-то образом отражает положение тела. Так Р. Магнус писал: «Центральная нервная система отражает в каждый данный момент состояние тела, его позу, положение его конечностей, соприкосновение с внешним миром» (Левик, 2006).

Экспериментально доказанной особенностью «схемы тела» является ее способность простирается за пределы тела человека и распространяться на предметы, находящиеся длительное время в контакте с ним. Например, часы или одежда человека (Столин, 1983).

Понятие «образ тела» (body image) вызывает больше всего споров из-за отсутствия единого позитивного определения, которое бы устроило большинство исследователей (Левик, 2012). Интерес к термину повысился в 80-е гг. Причиной этому стал рост социально значимых заболеваний и расстройств пищевого поведения таких как нервная анорексия и булимия, переедание и дисморфофобия. Этот рост напрямую связан с изменением стандартов привлекательности и сексуальности (Аракелян, Бегоян, 2012). Хотя еще в 1935 австрийский психиатр и психоаналитик Поль Фердинанд Шильдер определил «образ тела» как «субъективное переживание человеком его тела». В его

представлении это некий психический динамический образ складывающийся у человека в межличностном взаимодействии (Schilder, 1936). Можно сказать, что «образ тела» — это система представлений личности о своем физическом «Я». В концепции же Томаса Кэша это синтез мыслей, ощущений, убеждений, поведения человека, связанных с его телом, и «идеальным телом», эталоном данного социокультурного контекста (Аракелян, Бегоян, 2012).

Несмотря на явные отличия двух этих систем («схемы тела» и «образа тела»), равно как и отличия в их функциях, они все же тесно взаимодействуют между собой на протяжении всего времени (Vignemont, 2010).

Новой тенденцией в исследованиях схемы тела и системы внутреннего представления стали попытки привязки отдельных механизмов, входящих в эту систему, к деятельности конкретных мозговых структур с использованием со временных методов визуализации мозговой активности. Это позволило по новому подойти к анализу таких феноменов, которые раньше могли исследоваться только средствами психологии или путем наблюдений за пациентами с поражениями мозга. В результате появилось много экспериментальных данных, свидетельствующих, что система внутреннего представления имеет реальный нейрофизиологический субстрат и доступна изучению (Левик, 2012).

По данным Arzy Shahar ключевыми областями являются височно теменная область (TPJ), участвующая в выработке представления о мультисенсорной интеграции, и экстрастриарное представление о тела (ЕВА), которая избирательно реагирует на человеческое тело и части тела. Методом вызванных потенциалов показано, что эти области активируются по разному при предъявлении изображения фигуры человека, в зависимости от того, представляет ли испытуемый себя в образе этой фигуры или нет. Активация ЕВА зависит еще от реальной позы обследуемого — сидя или лежа, а для TPJ такой зависимости не обнаружено (Shahar, 2006).

В работах многих авторов ни раз поднимался вопрос о связи механизмов представления о своем теле с работой правого полушария. Однако, в исследовании показано, что существуют яркие различия в активации корковых

зон в зависимости от пола испытуемого, которому предъявлялись изображения фигур человеческого тела (Aleong, 2009). Также продемонстрировано, что правое полушарие менее раздражительно вследствие внешнего вмешательства, чем левое (Verleger, 2010).

Другие исследователи не ограничились изучением отдельных механизмов формирования у человека представления о самом себе, а пошли дальше и выдвинули нейрокогнитивную модель. В их представлении «схема тела» — это результат взаимодействия между текущими мультисенсорными входными и внутренними моделями тела. С начала, уже существующая, заложенная модель определяет, какие объекты могут иметь отношения к телу. Затем актуальные анатомические и постуральные представления о теле запускают мультисенсорную интеграцию информации, при этом осуществляя рекалибровку визуально-тактильных систем координат. Далее, в результате поступления тактильных ощущений появляется субъективное ощущение принадлежности части тела (Tsakiris, 2010).

Хоть изучением «схемы тела» человека уже более ста лет занимается огромное количество ученых различных специальностей, мы все еще мало знаем о ее формировании и принципах, по которым осуществляется ее работа.

### **1.1.2. Предпосылки к открытию иллюзии «резиновой руки»**

Эмпирические исследования физического «я» только недавно обратились к вопросу о том, как формируется связь между телом и восприятием этого тела как своего: как она развивается, поддерживается или нарушается. Иллюзия «резиновой руки» была использована в качестве модели для исследования процессов, лежащих в основе формирования представления о собственном теле (Левик, 2012).

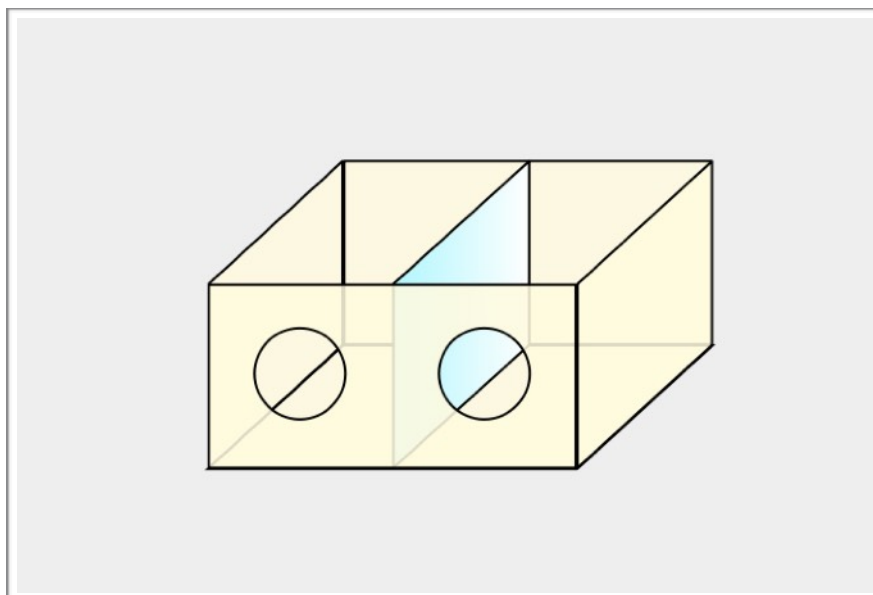
Если говорить о предпосылках к открытию этого феномена, то невозможно не упомянуть работы индийского профессора Вилейанура С. Рамачандрана, главы Центра изучения мозга и когнитивной деятельности

Университета Калифорнии. Он одним из первых обратился к проблеме фантомных болей. Еще со времен Амбруазу Паре было известно, что после ампутации конечности, человек может «ощущать» наличие «потерянной» конечности. И даже более того, она может болеть. И это не единичные ситуации: фантом наблюдается в 90% случаев, и даже при врожденном отсутствии конечности человека. Это говорит о наличии в ЦНС некоторой врожденной модели тела человека (Гурфинкель с соавт., 1986). На тот момент не было никаких теорий, которые могли бы объяснить каким образом это происходит. Это сподвигло профессора заняться изучением феномена фантомных болей.

В ходе своей работы Рамачандран обнаружил на лицах людей подробную «карту» их ампутированных конечностей. Этому быстро удалось найти применение: пациент, жаловавшийся на то, что его фантом «чешется», лишился этого ощущения после того, как почесали определенное место на лице. На основании полученных данных Рамачандран сделал вывод о том, что фантомные конечности — это продукт взаимодействия чувствительных, двигательных участков коры головного мозга и теменных долей, отвечающих за создание образа тела человека (Ramachandran, Hirstein, 1998). Исходящие двигательные сигналы сравниваются с обратными сенсорными сигналами от глаз, мышц и кожи. Если они не совпадают, то происходит их корректировка. В случае с ампутированными конечностями двигательные сигналы все так же посылают сигналы мышцам, а сенсорные сигналы "молчат". Корректировка теменными долями не происходит, т.к. не с чем проводить сравнение. А двигательные сигналы остаются достаточно сильными, чтобы их можно было интерпретировать как непосредственное движение фантома (Ramachandran, Hirstein, 1998).

Было замечено, что болят фантомы у тех пациентов, конечность которых была парализована или просто обездвижена еще до самой ампутации. Двигательные сигналы идут к мышцам, а сенсорные дают отрицательный ответ. Корректировка не происходит. И так повторяется раз за разом, синапсы между двигательными и сенсорными системами ослабевают, пока в конце не

утрачивают связь между собой (Ramachandran, Hirstein, 1998). В итоге паралич вписывается в схему тела, а после ампутации переносится на фантом. Пациент ощущает его парализованным, зажатым в неудобном положении, что вызывает сложно переносимую боль (Ramachandran, 2010).



**Рисунок 1. Модель зеркального ящика профессора Рамачандрана**

Второй эксперимент, который провел профессор Рамачандран, был направлен на то, чтобы избавить человека от боли, которую тот ощущал в своем фантоме. Рамачандран соорудил зеркальный ящик (Ramachandran et al., 1995) (см. рис.1), у которого была удалена верхняя часть, а в передней выли вырезаны отверстия, предназначенные для рук. Если смотреть на него под особым углом, то можно увидеть отражение руки, четко накладывающееся на ощущаемое положение другой руки. Человек вроде бы видит две своих руки, когда на самом деле он имеет лишь одну.

Эксперимент заключался в том, что испытуемому предлагалось поместить здоровую руку в ящик, а ампутированную разместить с другой стороны так, чтоб видимое отражение совпадало по локализации с фантомом. Далее его просили совершать синхронные движения кистями, смотря в ящик. Испытуемый отметил, что у него создалось ощущение, будто бы он может управлять своим фантомом. А это, в свою очередь, облегчило судороги в его

ампутированной руке, на которые он жаловался долгое время. Испытуемый «развлекался» с коробкой на протяжении трех недель в свободное время. В итоге, его фантомная конечность исчезла, равно как и боль в ней (Ramachandran, 2010).

### **1.2.1. Иллюзия «резиновой руки»: оригинальный эксперимент**

Первый эксперимент, который принес известность феномену иллюзии «резиновой руки», был проведен когнитивными исследователями из Принстонского университета профессором Мэттью Ботвиником и Джонатаном Коэном. Испытуемому предлагалось сесть за стол, руки положить свободно на его поверхность. Левую руку экспериментаторы скрывали из поля зрения человека экраном. А с другой стороны экрана располагали резиновую руку (искусственная левая рука). Испытуемого просили смотреть на искусственную руку и давать отчет о возникающих ощущениях. На протяжении 30 минут экспериментатор максимально синхронно гладил кисточками настоящую и резиновую руки испытуемого. До и после эксперимента испытуемого с закрытыми глазами просили указать на то место, где по его мнению находится его настоящая левая рука. Также после эксперимента испытуемому предоставляли опросник, состоящий из двух частей — открытый вопрос об ощущениях, испытываемых в ходе эксперимента и 9 утверждений. Степень выраженности этих ощущений требовалось оценить по шкале от 1 до 10 (Botvinick, Cohen, 1998).

В итоге, уже через некоторое время поглаживания у испытуемых возникало ощущение, что резиновая рука принадлежит им, что они ощущают прикосновения в этой руке, когда видят прикосновение кисти к ней. Отмечали и то, что рука начинала походить внешне на их собственную руку.

Также была зафиксирована ошибка в оценке положения настоящей руки: после эксперимента испытуемые были склонны смещать свою оценку в сторону резиновой руки. В среднем, эта ошибка, смещение равнялось 8 см. С тех пор



эту ошибку в оценке расстояния (проприорецептивное смещение) приняли как основной способ замера иллюзии.

Кроме того, была замечена тенденция: чем сильнее субъективно человеком ощущалась иллюзия, тем большую ошибку он совершал (Botvinick, Cohen, 1998).

Также Ботвиник и Коэн узнали, каким образом синхронная и асинхронная стимуляция будет влиять на иллюзию: при небольшой дисинхронии поглаживания рук произошло снижение распространения иллюзии (42% при синхронии против 7% при несинхронном поглаживании с вероятностью  $p < 0,01$ ) (Botvinick, Cohen, 1998).

Были сделаны выводы о том, что иллюзия — это продукт трехстороннего взаимодействия зрительной, тактильной и проприорецептивной информации, где зрительная и тактильная модальности доминируют над проприорецептивной (Botvinick, Cohen, 1998). Так появилась концепция мультисенсорной интеграции, которой придерживаются многие исследователи и по сей день.

Если говорить о том, какой именно эффект вызывает иллюзия то, множество дальнейших исследований подтвердили, что во время эксперимента с иллюзией «резиновой руки» у человека возникает ощущение того, что резиновая рука принадлежит им и является частью телесного «Я». Так же испытуемые отмечают, что их настоящая рука как бы начинает охладевать, и им становится сложнее ощущать ее (Armel, Ramachandran, 2003). Экспериментально это подтвердила группа ученых, которая смогла зафиксировать, что во время эксперимента у людей значительно падает температура тела в скрытой от них руке (Moseley, Olthof, Venema, Don, Wijers, Gallace, Spence, 2008). Экспериментаторы отмечают, что в основе этого явления лежат психологические причины: человек перестает воспринимать часть своего тела как принадлежащую ему. Это подтвердило предположение о том, что иллюзия «резиновой руки» помимо опыта обладания (ownership) резиновой рукой вызывает опыт «уменьшения обладания» (disownership) своей реальной рукой (Перепелкина, Арина, Николаева, 2014).

### **1.2.2. Модификации оригинального эксперимента**

Иллюзия «резиновой руки» привлекла особое внимание различных ученых, т.к. являлась довольно простым инструментом с помощью которого можно было исследовать «схему тела» человека. Таким образом феномен породил немало вопросов. Большая часть последующих экспериментов была направлена на изучение границ эффекта иллюзии.

#### **Характер стимуляции**

Многие исследователи уделили особое внимание роли синхронной и асинхронной стимуляции на проявление иллюзии. И единогласно пришли к выводу, что синхронное поглаживание является одним из основных условий возникновения иллюзии «резиновой руки» (Botvinick, Cohen, 1998; Armel, Ramachandran; 2003, Tsakiris, Haggard, 2005), а небольшое рассогласование в более 300 мс «ломает иллюзию» (Bekrater-Bodmann et al, 2014). Также было показано, что важно не только время, но и место стимуляции: при пространственном рассогласовании поглаживаний иллюзия не возникает (Costantini, Haggard, 2007).

#### **Положение руки в пространстве**

Отдельным направлением работы стало рассмотрение того, как именно положение реальной и искусственных рук может повлиять на этот феномен. В 2005 году исследователи из лондонского университета Манос Цакирис и Патрик Хаггард провели серию экспериментов, проверив, как параллельное расположение и перпендикулярное положение руки отразиться на иллюзии. Оказалось, оно играет важную роль - при отклонении руки на 90 градусов иллюзия не возникает (Tsakiris, Haggard, 2005). В следующих экспериментах Хаггарду удалось выяснить, что если повернуть реальную руку человека на 10 и 20 градусов от исходного положения, то иллюзия все еще будет возникать, хотя и значительно слабее. Но если отклонение будет больше (30 градусов и более),

то иллюзия пропадает. Если же поворачивать резиновую руку, а не настоящую, то иллюзия не возникает (Costantini, Haggard, 2007).

### **Внешний вид встраиваемого объекта**

Особое внимание исследователей привлек вопрос, касающийся внешнего вида «резиновой руки». Тут было получено немало противоречивых данных, которые легли в основу той или иной концепции, относительно механизма возникновения иллюзии.

Интерес представляет работа, сделанная в 2003 году в лаборатории профессора Рамачандрана и Кэрри Армеля: им удалось вызвать иллюзию «резиновой руки» без самой резиновой руки. Испытуемый так же сидел за столом, его руки лежали на поверхности, а правая была скрыта экраном. Но на месте поддельной руки ничего не было. Экспериментатор синхронно поглаживал и постукивал правую руку испытуемого и то место на столе, где в классическом эксперименте расположена резиновая рука. И испытуемые отмечали, что «ощущают» поверхность стола прикосновения кисточки, несмотря на то, что нет никакого визуального сходства между рукой испытуемого и столом. Так же при «нанесении повреждения» тому участку стола, КГР показывала резкий скачек, когда на самом деле в реальности ни одной из частей тела испытуемого ничего не угрожало (Armel, Ramachandran, 2003).

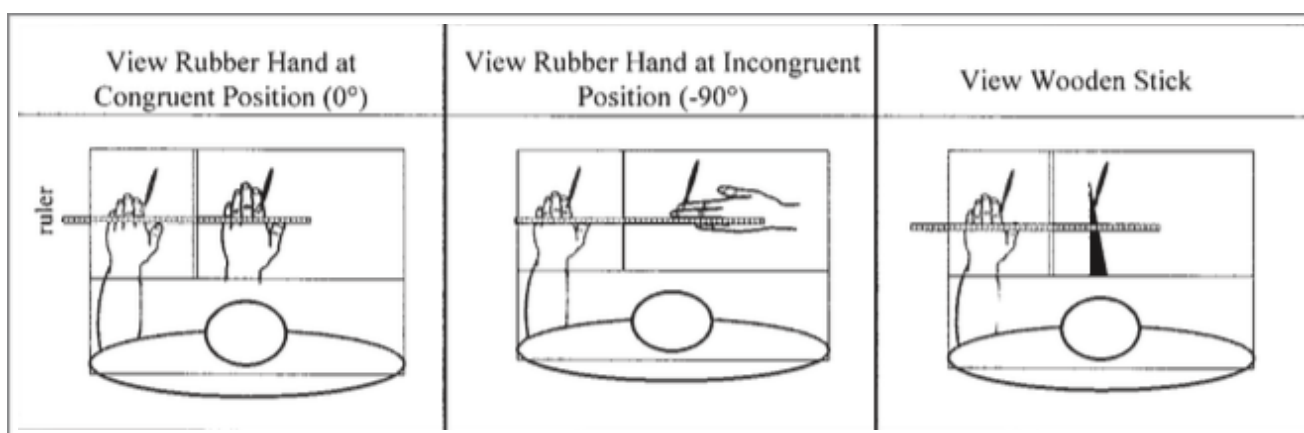
Авторы пришли к выводу, что для возникновения иллюзии достаточно сильной временно-пространственной корреляции событий. Это объясняет почему предмет, визуально не похожий на руку (поверхность стола) легко встраивается в схему тела человека, игнорируя весь прошлый опыт, а асинхронная стимуляция уменьшает яркость иллюзии (Armel, Ramachandran, 2003).

С подобными выводами сложно согласиться, поэтому в 2005 году исследователи из лондонского университета Манос Цакирис и Патрик Хаггард провели серию экспериментов для проверки этих выводов: реплицировался эксперимент с рассмотрением нейтрального объекта (палочки) вместо руки; проверялось, как поведет себя иллюзия в случае, если резиновая рука не будет

соответствовать настоящей (настоящая рука левая, а резиновая правая). Для этого эксперимента они разработали специальную автоматическую установку, которую использовали в дальнейших исследованиях с иллюзией «резиновой руки» (см. рис. 2).

В результате было подтверждено, что иллюзия не возникает при подмене левой резиновой руки на правую. Не вышло вызвать иллюзию и в случае с палочкой (Tsakiris, Haggard, 2005). В последующих работах в этом направлении подтвердилось, что объект, не напоминающий руку (досточка) устраняет иллюзию (Guterstam, Gentile, Ehrsson, 2013)

На основании этих данных Цакирис и Хаггард делают выводы о том, что временно-пространственная корреляция событий является важным, но не единственным условием, обеспечивающим формирование иллюзии. Нисходящая информация тоже имеет значение, а именно визуальное представление человека о том, как выглядит его тело, «образ тела» (Tsakiris, Haggard, 2005).



**Рисунок 2. Экспериментальная установка в исследовании Цакириса и Хаггарда (взято из Tsakiris, Haggard, 2005)**

На этом экспериментировании с видом искусственной руки не закончились. Впервые был проведен эксперимент с «невидимой рукой» (поглаживались синхронно настоящая рука и пустое пространство в том месте, где обычно располагается резиновая рука). Данные КГР при протыкании

ножом «невидимой руки» подтверждали факт возникновения иллюзии, собственно, как и субъективный отчет испытуемых (Guterstam, Gentile, Ehrsson, 2013). Этот факт говорит о том, что в механизме иллюзии «резиновой руки» лежат процессы, не опирающиеся на визуальную стимуляцию. Интересным фактом является то, что иллюзия может возникать даже тогда, когда испытуемому виден лишь обрубок (вместо целой куки используется рука без кисти). Но иллюзия значительно слабее, чем в случаях с полной или невидимой рукой (Guterstam, Gentile, Ehrsson, 2013).

Арвид Гутерстам и его коллеги из Каролинского института были первыми, кто проверил предположение о том, что иллюзия «резиновой руки» возможна, даже если испытуемый видит свою руку. Но при таком раскладе испытуемый ощущает 3 руки одновременно. А при «угрозе» как настоящей, так и резиновой возникает скачек КГР (Guterstam, Petkova, Ehrsson, 2011).

Этой же группой ученых были получены данные относительно того, какие области мозга задействованы в создании иллюзии. Для регистрации мозговой активности, Гутерстам проводил свой эксперимент непосредственно в тамографе (фМРТ). Было выяснено, что иллюзия связана с активацией в областях, ответственных за мультисенсорную интеграцию сигналов тела, в первую очередь вентральной премоторной части, находящийся в теменной доле коры головного мозга. Что опровергает заявление о решающей роли зрительной информации в формировании иллюзии (Guterstam, Gentile, Ehrsson, 2013).

Весомый вклад в изучение самосознания и ощущения своей телесности внес нейробиолог из Каролинского института (Стокгольм) Хенрик Эрссон. Опробовав как-то на себе иллюзию «резиновой руки», он был настолько впечатлен, что открыл лабораторию и начал упорно работать над изучением телесных иллюзий (Yong, 2011).

Хенрик Эрссон — первый человек, создавший иллюзию внетелесного существования (см. рис. 3). Испытуемый садился на стул, надевал очки, куда проецировались изображения, полученные от двух камер, расположенных в двух метрах за спиной испытуемого. Экспериментатор синхронно ударял палочкой в грудь испытуемого и в пространство за ним. Уже спустя 2 минуты

такой стимуляции испытуемые отмечали странное ощущение: будто бы их «вытащили» из собственного тела, и они парят в пространстве, наблюдая за телом, сидящим на стуле (Ehrsson, 2007).

Позднее в лаборатории удалось создать иллюзию нахождения в другом теле, а именно в теле манекена и в теле другого человека. Иллюзия оказалась стойкой и не пропадала даже в том случае, если испытуемый пожимал руку собственному телу, «находясь» при этом в теле манекена или же другого человека. При анализе данных стало известно, что испытуемые одинаково воспринимали иллюзию при обмене рукопожатиями как с человекoв своего, так и с человеком противоположного пола. На основании этого экспериментаторы делают выводы о том, что гендерная идентичность и различия в точной форме тела не являются важным элементом в восприятии тела, как своего собственного (Petkova, Ehrsson, 2008).



**Рисунок 3. Иллюзия внетелесного существования (взято из Ehrsson, 2007)**

А в 2011 году ему удалось узнать, как размер тела, в котором себя ощущает человек, влияет на восприятие размера окружающей действительности. В качестве этого тела использовались гигантские (400 см) и

маленькие (80 см и 30 см) манекены. Метод оставался таким же. Эксперименты показали, что испытуемые, чьи тела были перемещены в маленькие манекены, склонны воспринимать окружающий мир, как огромный. А испытуемые, оказавшиеся в гигантском теле манекена — как маленький. При объективной угрозе приобретенному телу (приближение или прикосновение ножа), регистрировалось сильное потоотделение, даже если испытуемый знал о том, что его ожидает (van der Hoort, Guterstam, Ehrsson, 2011). Это еще раз говорит о том, что телесные иллюзии «когнитивно неприступны», — отмечает Хенрик Эрссон (Yong, 2011).

Группа исследователей во главе с Ф. Ферри провели эксперимент, в котором удалось вызвать у испытуемых иллюзию не осуществляя непосредственных прикосновений кисточкой к искусственной руке. Выводы о возникновении иллюзии были сделаны на основании данных опросника и проводимости кожи. В качестве интерпретации столь странного результата, было выдвинуто предположение о том, что иллюзия не возникает реактивным способом из-за высокой корреляции событий, мозг человека активно генерирует гипотезы о том, что может, а что не может принадлежать телесному «Я» (Ferri et al., 2013).

### **1.2.3. Обзор теоретических обоснований иллюзии «резиновой руки»**

Иллюзия «резиновой руки» — отличный способ исследования схемы тела человека. Этот метод активно используют ученые в своих исследованиях на протяжении 19 лет. Но все еще нет единой теории о том, каким именно образом возникает иллюзия. Получая очередной результат, противоречащий тем, что получали другие исследователи ранее, автор выдвигает свою концепцию для объяснения этого результата. Таким образом появилось множество концепций, которые призваны объяснить механизм возникновения иллюзии «резиновой руки». Их можно условно разделить на 3 большие группы:

- 1. Иллюзия, как результат нарушения работы мультисенсорной интеграции.** В рамках иллюзии происходит трехстороннее взаимодействие

осязания, зрения и проприорецепции (Botvinick, Cohen, Guterstam, Gentile, Ehrsson).

2. **Иллюзия, как результат мультимодального конфликта.** Во время стимуляции возникает конфликт между тремя видами чувствительности и знанием человека. Доминирующую позицию занимает зрение, а на протяжении всего времени мозг активно генерирует гипотезы о происходящем (Tsakiris, Ferri.).
3. **Иллюзия, как результат нисходящей стратегии обработки информации.** Сильная статистическая корреляция между сенсорными источниками является достаточным условием, чтобы предмет включился в схему тела, независимо от его сходства с реальной рукой человека (Armel, Ramachandran, Haggard, Costantini).

### **Иллюзия, как результат нарушения работы мультисенсорной интеграции**

Первая концепция — иллюзия, как результат нарушения работы мультисенсорной интеграции — возникла одной из первых и сразу завоевала внимание многих ученых. Согласно этой концепции, в построении иллюзии участвуют тактильные, зрительные и проприорецептивные ощущения. Кто-то из ученых предполагает, что зрительная и тактильная модальности доминируют над проприорецептивной (Botvinick, Cohen, 1998). Но почему тогда удастся вызвать иллюзию без тактильного воздействия, заменив его ожиданием (Chiarelli, 2013)? Кто-то склонен думать, что тактильные ощущения адаптируются под зрительные и проприорецептивные в результате изменения порога чувствительности (Kanayama, Sato, Ohira, 2007). Этот взгляд не противоречит вышеупомянутому исследованию. Однако, не раскрывает сути феномена: если часть наших ощущений так легко и быстро подстраивается под другие, попутно внося изменения в схему и образ тела, то почему подобные иллюзии не возникают постоянно в обыденной жизни? Если же этот процесс основательнее, то почему эффект иллюзии пропадает через 10–15 секунд после прекращения стимуляции? Эта концепция никак не проливает свет на то, какие



механизмы замешаны в построении иллюзии и вызывает огромное количество вопросов.

### **Иллюзия, как результат мультимодального конфликта**

Концепция мультимодального конфликта выглядит более проработанной. Согласно ей, во время иллюзии ощущения не подстраиваются друг под друга, не сливаются в одно — информация от зрительного и тактильного модулей вступает в противоборство с прошлым опытом человека, а тем временем мозг активно генерирует гипотезы и интерпретации о происходящем. Несоответствие предыдущего знания и актуального сенсорного сигнала порождает иллюзию (Gregory, 1997).

Эта концепция объясняет не только то, как возникает иллюзия «резиновой руки», но и механизм возникновения «эффекта чревовещателя», при котором зрение влияет на восприятие и позиционирование локализации звука (Freeman, Driver, 2008). Концепция мультимодального конфликта опровергает теорию мультисенсорной интеграции и не противоречит проведенным ранее исследованиям с иллюзией «резиновой руки». При этом сложно даже представить эксперимент, которое могло бы подвергнуть сомнению эту концепцию напрямую.

### **Иллюзия, как результат нисходящей стратегии обработки информации**

Третью концепцию создали Рамачандран и Армел для объяснения результатов своих экспериментов с объектами, непохожими на реальную руку (Armел, Ramachandran, 2003).

Согласно этой концепции иллюзия «резиновой руки» возникает из-за «байесовской логики» всего восприятия: «мозг способен обнаруживать статистические корреляции в сенсорных входах при построении полезных представлений о мире, включая представление о теле» (Armел, Ramachandran, 2003).

«Экспериментальная работа и субъективные отчеты показали, что чем более случайной и непредсказуемой (но синхронизированной)

последовательностью поглаживания, тем ярче иллюзия. Когда касание становится более случайным, вероятность того, что простое совпадение может объяснить синхронное касание, ощущаемое на вашей руке и которое видно на столе или резиновой руке. Высокая вероятность соприкосновения увиденного и ощущаемого прикосновения облегчает восприятие различных модальностей, которые становятся более тесно «связанными», и, следовательно, увеличивают яркость того, что видимое и ощущаемое прикосновение происходят из одного источника. Таким образом, мозг считает это совпадение маловероятным и находит гораздо более вероятным, что внешние объекты являются частью вашего образа тела» (Armel, Ramachandran, 2003).

«Образ тела, несмотря на внешнюю долговечность и постоянство, представляет собой временную внутреннюю конструкцию, которая может быть изменена непредвиденными стимулами и корреляциями. В дополнение к демонстрации податливости телесного образа эта простая иллюзия также иллюстрирует важный принцип, лежащий в основе восприятия: что механизмы восприятия главным образом участвуют в извлечении статистических корреляций из мира для создания модели, которая временно полезна » (Armel, Ramachandran, 2003).

На данный момент эта концепция не пользуется популярностью у исследователей, так как результаты экспериментов (Armel, Ramachandran, 2003) реплицировать не удалось — объект не похожий на руку человека не встраивается в схему тела (Tsakiris, Haggard, 2005; Guterstam, Gentile, Ehrsson, 2013).

Эта концепция заслуживает пристального внимания, так как только она задает два неотъемлемых условия для возникновения иллюзии «резиновой руки» — синхронность воздействия и пространственная сопоставимость происходящих событий. Показать, что возможно вызвать иллюзия при асинхронной стимуляции не удалось ни одному из ученых (Botvinick, Cohen, 1998; Armel, Ramachandran, 2003; Tsakiris, Haggard, 2005) — прикосновения должны осуществляться в одном и том же месте в одно и тоже время.

Если концепция Армия и Рамачандрана верна, то ни внешний вид руки, ни ее расположение в пространстве ни имеет значения. При верном осуществлении стимуляции произойдет корреляция тактильных и зрительных ощущений, что обеспечит построение иллюзии и изменение образа и схемы тела человека. Этот тезис частично подтверждают эксперименты Константины и Хаггарда — расположение руки в пространстве может быть изменено (до определенных пределов) при этом иллюзия все еще будет возникать (Costantini, Haggard, 2007).

Эти эксперименты демонстрируют важность концепция пространственно-временной синхронизации для фундаментальных исследований феномена иллюзии «резиновой руки». Поэтому концепция Армеля и Рамачандрана легла в основу нашего исследования, изучающего влияние пространственного фактора на формирование иллюзии.

#### **1.2.4. Методы замера действия иллюзии**

За эти 17 лет исследователи иллюзии «резиновой руки» ни раз сталкивались с проблемой замера. Как понять, подействовала ли иллюзия на человека или нет? На каком основании мы можем говорить о том, что на ком-то ее эффект был более сильным, чем на другом?

Самый очевидный и простой способ узнать о наличии эффекта — спросить испытуемого. Стало интересно, насколько мы можем доверять этому субъективному отчету. Еще Ботвиник и Козн предложили предъявлять после окончания эксперимента испытуемым опросник, чтобы иметь представление о том, что ощущал человек непосредственно на протяжении эксперимента (Botvinick, Cohen, 1998). Так же они предлагали испытуемому до и после стимуляции указать, где находится их настоящая левая рука (спрятанная под столом). Так как человек не мог опираться на свои визуальные и тактильные сенсорные сигналы о месте нахождения своей руки, то во время этого действия он полагался исключительно на проприорецепцию. Как оказалось, после стимуляции испытуемые были склонны совершать ошибку, смещая свою

оценку в сторону резиновой руки. Также была найдена корреляция между совершаемой ошибкой и субъективной оценкой действия иллюзии: чем ярче ощущал иллюзию испытуемый, тем больше было смещение в сторону искусственной руки.

Эта ошибка в оценке (проприоцептивное смещение) стала классическим способом замера иллюзии. Но далеко не в каждом эксперименте было возможным использовать этот тип замера. Поэтому некоторые исследователи отдавали предпочтение регистрации проводимости кожи (Armel, Ramachandran, 2003, Ehrsson, 2011 и др.). Если симитировать повреждение резиновой или невидимой руки испытуемого (например, при помощи кухонного ножа), то КГР увеличивается при условии, что испытуемый ощущает эту руку как часть своего тела, а реальным частям тела ничего не угрожает. Однако остается открытым вопрос о том, насколько сильно этот скачек КГР обусловлен именно действием иллюзии, а не страхом человека, перед которым орудуют ножом.

Если исходить из концепции того, что иллюзия порождает «опыт обладания» резиновой рукой и «опыт уменьшения обладания» реальной рукой, то температура реальной руки должна падать. Поэтому был предложен другой вариант замера — фиксирование снижения температуры кожи на реальной руке человека, которая используется в эксперименте (Moseley, 2008). Но опять же, насколько этот эффект вызван именно иллюзией, а не тем, что на протяжении длительного времени испытуемый не двигает своей рукой?

Каждый исследователь сам выбирает свой вариант того, как лично он будет фиксировать действие иллюзии. Самый распространенный вариант — это замер проприорецептивного смещения. Но что, если это смещение в большей степени связано с тем, что человек на протяжении эксперимента удерживает фокус своего внимания в одном месте?

Впервые эта гипотеза была экспериментально проверена Бахтиной и Кувалдиной в 2014 году. При помощи различных предметов, внимание испытуемых привлекалось к разным частям стола без использования резиновой руки. До и после эксперимента так же проводился замер расстояния до левой руки испытуемого. Гипотеза подтвердилась — даже без иллюзии происходит

смещение в ту или иную сторону в зависимости от того, куда было привлечено внимание испытуемого. Возникает вопрос, насколько валидны данные, полученные в экспериментах, где действие иллюзии замерялось подобным образом, насколько можно доверять проприорецептивному смещению как объективному способу замера.

### **1.3.1. Прикладное значение**

Иллюзия «резиновой руки» — это интересный феномен и хороший инструмент для исследования фундаментальных вопросов таких как законы построения схемы тела, формирования самосознания и т.д. Но не это объясняет столь сильную увлеченность ученых ее изучением. Большой пласт исследований имеет прикладное значение.

Быстро развивающиеся технологии расширили возможности тела человека до таких границ, которые раньше было сложно даже представить: бионические протезы, экзоскелеты, роботизированные конечности, нейроинтерфейсы, шлемы и комнаты виртуальной реальности и т.д. На фоне всего этого разнообразия, делающего жизнь людей удобнее, всплывает вопрос о том, как психике адаптироваться ко всем этим новшествам? По каким законам работает процесс «принятия» или «непринятия» телом человека того или иного объекта? Насколько широки границы возможностей расширения возможностей человека?

На эти и ряд других вопросов ищут ответы исследователи, использующие механизм иллюзии «резиновой руки» в качестве инструмента в своих «поисках».

Ярким примером может послужить работа Хенрика Эрссона, направленная на то, чтоб создать уникальный протез для людей с ампутированными конечностями, который не будет отторгаться телом. В своей лаборатории он смог воспроизвести иллюзию на ампутантах, синхронно прикасаясь к определенным частям куты и пальцам протеза. Испытуемые

начинали ощущать, будто протез принадлежит им. Но, к сожалению, после окончания стимуляции иллюзия исчезает. «Идея в том, чтобы создать протез руки с сенсорами на кончиках пальцев и стимуляторами в оставшейся части конечности», – говорит он (Yong, 2011).

Иллюзия принадлежности уже позволила «переселиться» в тело другого человека или в манекен. Кто знает, возможно, в недалеком будущем ученым удастся добиться в этом таких высот, что управление роботом на расстоянии так же хорошо, как своим телом станет обычным явлением?

Ну а пока что ученые в различных направлениях взаимосвязанно работают над тем, чтоб это будущее, как можно скорее стало реальностью.

## **ГЛАВА 2. Методы и организация исследования**

В данном исследовании были проведены два эксперимента, позволяющие сделать вывод о значении пространственной синхронизации в построении иллюзии «резиновой руки».

**Цель исследования** — проверить влияние разных типов пространственной асинхронности на иллюзию «резиновой руки».

**Предмет исследования** — условия возникновения смещения и уровня действенности иллюзии.

**Объект исследования** — различия в проприорецептивном смещении и оценках субъективного ощущения иллюзии.

### **Основная гипотеза:**

1. Пространственная асинхронность будет уменьшать эффект иллюзии «резиновой руки».

### **Частные гипотезы:**

- При смещении резиновой руки иллюзия не сформируется, а при смещении настоящей руки иллюзия будет слабеть.
- При асинхронном положении рук относительно всего тела иллюзия будет слабее, чем при асинхронном положении рук относительно друг друга .

### **Задачи исследования:**

1. Провести анализ литературы по заданной теме.
2. Разработать дизайн исследования, позволяющий проверить поставленные гипотезы.
3. Реплицировать данные эксперимента Хаггарда и Константины.
4. Провести экспериментальное исследование для проверки гипотез.
5. Сравнить проприорецептивное смещение и показатели опросника в экспериментальных и контрольных группах.

6. На основании результатов исследования сформулировать статистические и содержательные выводы и соотнести их с данными ранее проведенных исследований.

## **2.1 Описание выборки**

Выборка набиралась исходя из принципа доступности.

Испытуемым предлагали принять участие в экспериментальном исследовании, направленном на изучение восприятия себя и своего тела при помощи иллюзии «резиновой руки».

В исследовании приняли участие 31 человек (4 молодых людей и 27 девушек), молодые люди и девушки в возрасте от 18 до 28 лет ( $M = 20,9$ ;  $SO = 2,8$ ). Все они преимущественно являлись студентами или выпускниками Санкт-Петербургского государственного университета. Каждый из них не менее чем месяц не подвергался активным физическим нагрузкам и не являлся действующим профессиональным спортсменом. Так как активные занятия спортом увеличивают контроль человека над собственным телом и делают процесс исследования «схемы тела» невозможным при помощи иллюзии «резиновой руки».

В пилотажном эксперименте участвовало 9 человек, а в основном — 22 человека.

Все эксперименты были проведены на факультете психологии СПбГУ, в лаборатории когнитивных исследований В.М. Аллахвердова (аудитория №7).

## **2.2 Инструменты и методы замера эффекта иллюзии**

Во всех экспериментах мы пользовались стандартными для иллюзии «резиновой руки» инструментарием:



- Стол с ширмой — парта, к которой перпендикулярно специальными креплениями была установлена регулируемая ширма, с целью убрать из поля зрения испытуемого его настоящую левую руку.
- Резиновая рука — располагается на столе на предполагаемом месте скрытой руки испытуемого в поле его зрения.
- Кисточки — две небольшие косметические кисточки, используемые для поглаживания резиновой руки и настоящей руки испытуемого.
- Опросник (адаптированный) — переведенный опросник, придуманный Мэттью Ботвиником, фиксирующий 9 эффектов восприятия, которые предлагалось оценить в соответствии со степенью выраженности по шкале от 1 до 10.
- Рулетка — используется для замера проприоцептивного смещения.

### **Методы замера эффекта иллюзии**

В качестве методов замера эффекта иллюзии «резиновой руки» были выбраны объективный показатель иллюзии — проприоцептивное смещение — и субъективный — оценка ощущений по адаптированному опроснику Мэттью Ботвиника.

#### **Проприоцептивное смещение**

Был использован модернизированный вариант замера проприоцептивного смещения Ботвиника и Коэна.

До и после стимуляции кисточками испытуемому предлагалось положить указательный палец на начало отсчета растянутой над столом рулетки, и вести им по прямой до тех пор, пока он не окажется над тем местом, где ощущает

средний палец своей левой (скрытой из поля зрения) руки. Предполагается, что чем сильнее срабатывает иллюзия, тем больше будет смещение в сторону резиновой руки во время замера после эксперимента.

Когда стимуляцию кисточками производит экспериментатор напрямую в течении 10 минут, то среднее проприоцептивное смещение равно 8 см.

### **Опросник**

Опросник был также разработан Ботвиником и Коэном для их первого исследования с иллюзией «резиновой руки» для того, чтобы зафиксировать субъективные переживания испытуемого во время эксперимента.

Опросник состоит из 9 утверждений об ощущениях, которые могут возникнуть во время эксперимента. Испытуемому предлагается оценить каждое из этих утверждений по шкале от 1 до 10, где 1 — полностью не согласен, 10 — полностью согласен.

Первое и второе утверждения направлены на то, чтобы выяснить, произошла ли тактильно-визуальная интеграция: ощущает ли испытуемый прикосновения там, где видит их на резиновой руке, и вызваны ли тактильные ощущения кистью, которую видел испытуемый. Высокие оценки по этим утверждениям могут свидетельствовать о внесении изменений в схему тела и смещении проприоцептивных ощущений.

Третье утверждение касается того, насколько сильно проявилось ощущение принадлежности (ownership). Воспринимает ли испытуемый резиновую руку как часть того, что подвластно ему. Испытуемые, ставящие высокие баллы по этому утверждению часто сообщают во время эксперимента о том, что им «кажется, будто они могут пошевелить резиновой рукой». Это может говорить о явных изменениях в схеме тела испытуемого.

Утверждения четыре, шесть и восемь фиксируют процесс дрейфа

проприоцептивных ощущений. Испытуемые, которые согласны с этим утверждением, во время эксперимента сообщают о «желании двух левых рук соединиться в одном месте». В случае четвертого утверждения речь идет о смещении проприоцептивных ощущений к резиновой руке, в шестом — о неопределенной локализации тактильно-проприоцептивных ощущений между двумя левыми руками, а в восьмом — о смещении визуального образа резиновой руки в сторону реальной левой руки испытуемого.

Пятое утверждение говорит о частичном эффекте иллюзии. Когда у испытуемого формируется второй образ левой руки, но при этом сохраняется и образ реальной руки. Тогда возникает субъективное ощущение наличие двух левых рук одновременно. Испытуемые во время эксперимента сообщают о сильном желании «пошевелить пальцем» или «почесать резиновую руку» — своеобразный бессознательный запрос на подтверждении информации о том, какой же образ реален. Подобные ощущения характерны для непродолжительного временного периода.

Седьмое утверждение фиксирует опыт «уменьшения обладания» своей собственной рукой. Испытуемый сообщает о том, что его рука холодеет, тяжелеет, онемевает, теряет чувствительность, затекает — «превращается в резиновую» руку. Подобные ощущения возникают на заключительных стадиях формирования иллюзии.

Девятое утверждение указывает на изменения образа тела. Испытуемый видит на резиновой руке черты собственной руки, или же считает ее выглядящей абсолютно как его реальная левая рука.

Ботвинник и Коэн нашли положительную корреляцию оценок по опроснику с проприоцептивным смещением: чем сильнее субъективное восприятие иллюзии, тем больше испытуемые склонны ошибаться в расположении своей руки после эксперимента.

## **Процедура «классического эксперимента» с резиновой рукой**

Процедура аналогичная «классическому эксперименту» с иллюзией «резиновой руки», использовалась в качестве контрольного условия. Испытуемый садится за стол, руки кладет на его поверхность. Левая рука испытуемого убирается из поля зрения при помощи ширмы, а с другой стороны этой ширмы, прямо перед испытуемым, располагается резиновая рука. На протяжении 5 минут экспериментатор синхронно (насколько это возможно), поглаживает кисточками скрытую левую руку испытуемого и искусственную. Испытуемого просят следить за тем, как кончик кисточки касается резиновой руки, и сообщать об испытываемых ощущениях.

До и после эксперимента испытуемый с закрытыми глазами оценивает расстояние до среднего пальца левой руки: ведя пальцем по растянутой рулетке, расположенной над столом.

По окончании эксперимента испытуемому предлагается заполнить опросник. Он состоит из 9 утверждений об ощущениях, возникших во время эксперимента, степень выраженности которых требовалось оценить по шкале от 1 до 10.

## **Процедура исследования**

### **Эксперимент 1. Пилотажный эксперимент**

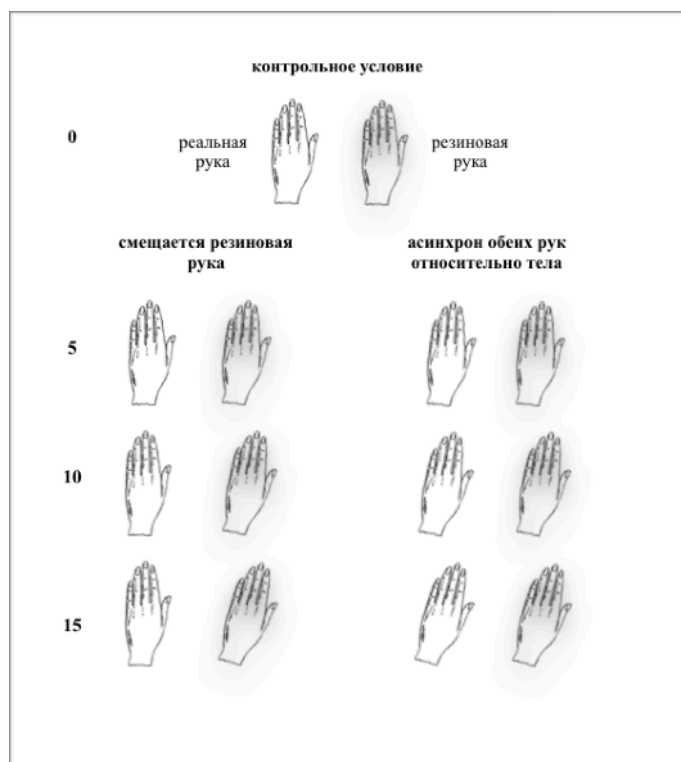
Эксперимент проводился по внутригрупповому плану. Каждый испытуемый в рандомном порядке проходил все 7 экспериментальных условий: смещение резиновой руки на 5, 10 и 15 градусов; смещение обеих рук на 5, 10 и 15 градусов. В качестве контрольного условия использовался «классический» вариант эксперимента иллюзии «резиновой руки» с параллельным расположением рук.

Длительность стимуляции (поглаживаний кисточками), как и в эксперименте Хаггарда и Константины, была ровно 2 минуты.

До и после каждого условия производился замер проприоцептивного смещения при помощи рулетки, так же как и в контрольном условии.

После каждого условия и замера проприоцептивного смещения экспериментатор зачитывал вслух для 9 утверждений об ощущениях, которые он мог испытать во время эксперимента. А испытуемый устно оценивал, по степени выраженности каждого ощущения по шкале от 1 до 10.

Таким образом примерное время работы с каждым испытуемым составляло 60–70 минут.



**Рисунок 4. Дизайн пилотажного эксперимента а с 7 положениями рук, соответствующими 7 условиям**

## **Эксперимент 2. Основной эксперимент.**

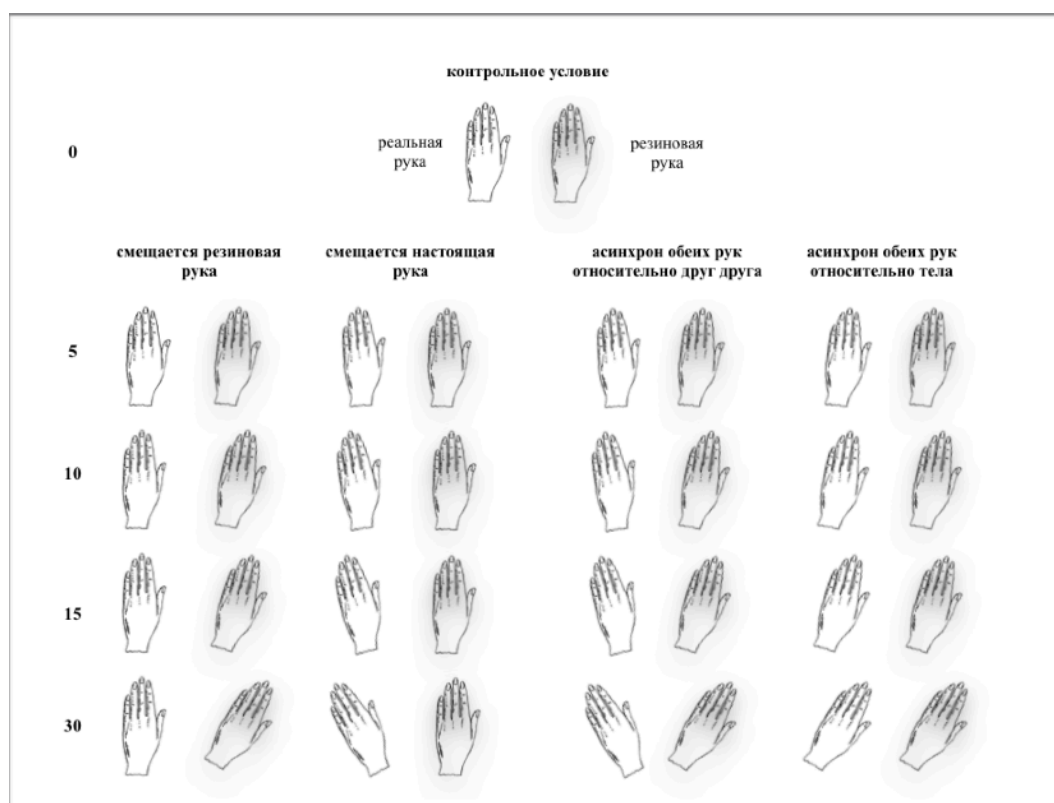
Эксперимент проводился по внутригрупповому плану. Каждый испытуемый в случайном порядке проходил все 17 условий: смещение резиновой руки на 5, 10, 15 и 30 градусов; смещение обеих рук асинхронно

положению корпуса на 5, 10, 15 и 30 градусов; смещение настоящей руки на 5, 10, 15 и 30 градусов; смещение обеих рук синхронно относительно корпуса; контрольное условие.

Длительность стимуляции (поглаживания кисточками) была увеличена до 5 минут в каждом из условий.

Замер проприоцептивного смещения и заполнение опросника проводилось также как и в пилотажном эксперименте.

Примерное время работы с каждым испытуемым составило 130-150 минут.



**Рисунок 5. Дизайн основного эксперимента с 17 положениями рук, соответствующими 17 условиям**

### **Обоснование углов изменения положения рук**

В реплицируемом исследовании Константины и Хаггарда были выбраны углы изменения положения в 10, 20 и 30 градусов. В результате исследования

обнаружено, что при смещении настоящей руки, иллюзия постепенно пропадает с увеличением угла смещения. А при изменении положения резиновой руки иллюзия не формируется даже на 10 градусах. (Costantini, Haggard, 2007)

В случае со смещением резиновой руки было интересно, в какой критической точке иллюзия пропадает или же она не формируется вообще. Поэтому было принято решение выбрать более дробные углы в 5, 10 и 15 градусов. Изменение положения в 30 градусов было выбрано в качестве контрольной критической точки, где иллюзия, как таковая, не должна возникать.

Асинхронное положение обеих рук относительно тела и относительно друг друга не рассматривалось еще ни в одном исследовании. Для чистоты эксперимента мы выбрали те же 5, 10, 15 и 30 градусов.

### **2.3 Методы обработки данных**

Для статистической обработки использовалась программа IBM SPSS Statistics 20. Были применены следующие методы:

- Одновыборочный t-критерий
- t-критерий для двух зависимых выборок
- Корреляционный анализ
- Дисперсионный анализ (ANOVA с повторными измерениями)
- Непараметрические методы сравнения двух выборок ( $\chi^2$ - Фридмана, Т-Вилкоксона).

## **ГЛАВА 3. Результаты исследования и их обсуждение**

### **3.1. Пилотажный эксперимент**

В рамках разрабатываемой темы в пилотажном эксперименте (эксперимент №1) была проведена репликация «классического эксперимента» (контрольное условие) с резиновой рукой. В результате проведенной репликации исследования М. Ботвинника (Botvinick, Cohen, 1998) статистически достоверных результатов обнаружено не было — ошибка в определении положения реально руки до и после эксперимента равная -0,25 см.  $t(7)=-1,3$ ,  $p=0,898$ .

В результате анализа пилотажного эксперимента было показано, что стимуляции в 2 минуты не достаточно для того, чтобы у испытуемых сформировалась иллюзия «резиновой руки». Данная репликация позволила в дальнейшем более грамотно организовать исследование.

### **3.2. Репликация «классического эксперимента» с иллюзией «резиновой руки»**

В основном эксперименте (эксперимент №2) также была проведена репликация «классического эксперимента» (контрольное условие) с резиновой рукой. В результате была обнаружена значимая ошибка в оценке расстояния испытуемыми до и после воздействия, равная 3,71 см.  $t(20)=3,21$ ,  $p=0,004$ . Полученные данные не противоречат результатам эксперимента М. Ботвинника.

В результате корреляционного анализа объективного и субъективного замеров действия иллюзии была обнаружена тенденция: чем сильнее субъективно человеком ощущалась иллюзия, тем большую ошибку он склонен был совершать ( $r=0,423$ ,  $N=21$ ,  $p=0,056$ ). Коэффициент детерминации равен 0,18, то есть совместная изменчивость субъективных ощущений совпадала с показателем ошибки в оценке расстояния в 18% случаев.

По результатам этого эксперимента было показано, что у испытуемых возникает иллюзия «резиновой руки».



### 3.3. Репликация эксперимента Константины и Хаггарда

Также в рамках разрабатываемой темы была проведена репликация эксперимента с изменением положения резиновой и настоящей рук (Costantini, Haggard, 2007). Этот эксперимент был направлен на проверку основной гипотезы о том, что увеличение градуса отклонения от параллельного состояния рук приведет к уменьшению эффекта иллюзии.

Был проведен анализ эмпирических вероятностей отсутствия смещения оценки расстояния в сторону искусственной руки. Обнаружено значимое взаимодействие факторов угла и тип изменения (ANOVA;  $df_1=5,347$ ;  $df_2=106,941$ ;  $F=2,287$ ;  $p = 0,047$ ).

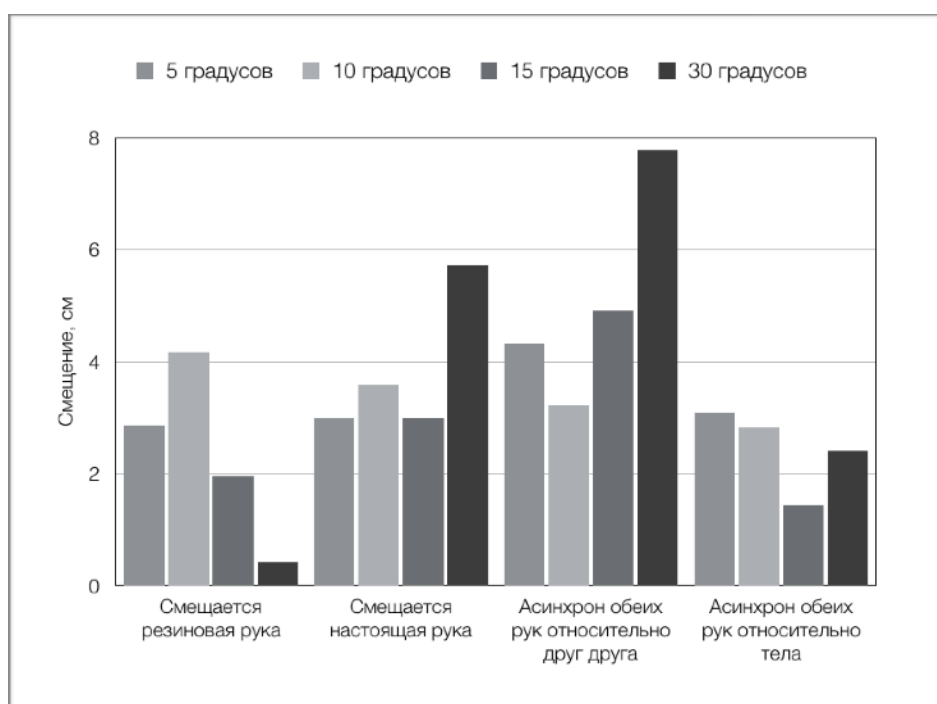
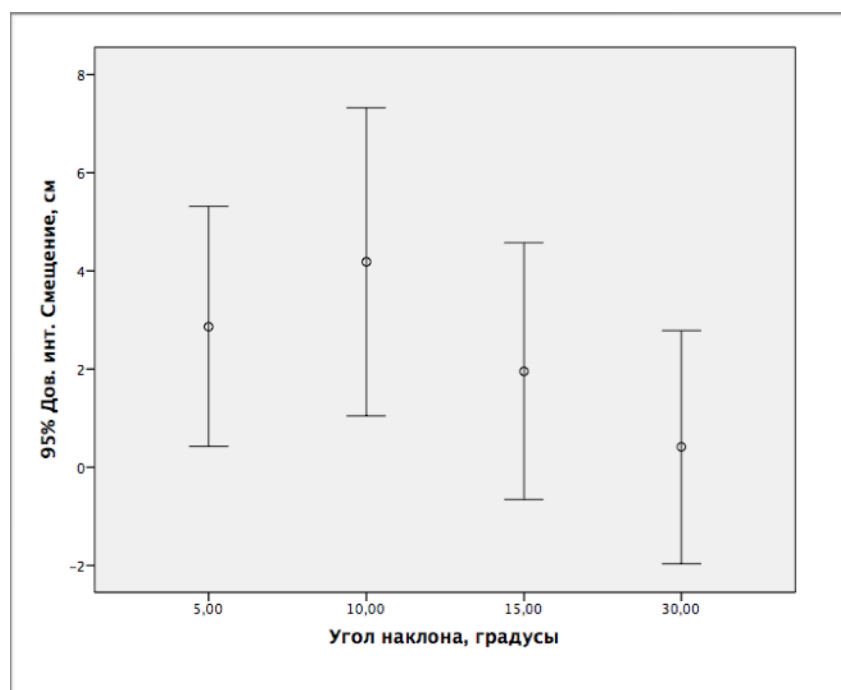


Рисунок 6. Взаимодействие фактора угла смещений с фактором типа смещения

В группе, где смещалась резиновая рука, при попарном сравнении крайних значений были обнаружены различия на уровне статистической тенденции  $t(20)=2,027$ ,  $p=0,056$ . Проприоцептивное смещение при изменении положения резиновой руки на 5 градусов равно 2,86 см, а при изменении в 30

градусов смещение составляет 0,41 см. При увеличении градуса смещения резиновой руки эффект иллюзии слабеет (см. рис.7).

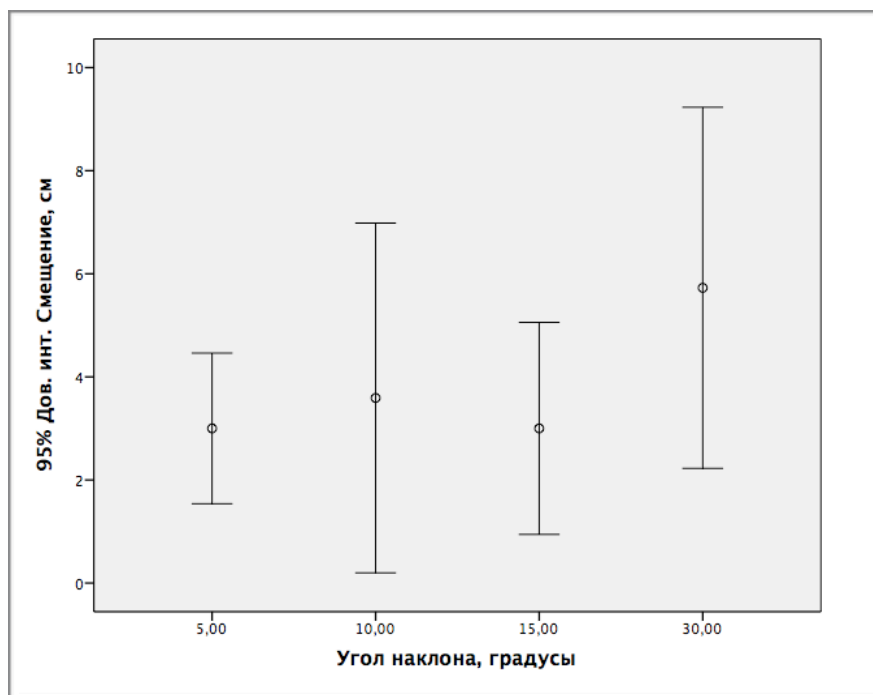


**Рисунок 7. Среднее значение проприоцептивного смещения в зависимости от угла изменения положения резиновой руки**

В показателях опросника статистически достоверных различий не обнаружено.

В группе, где смещалась только настоящая рука испытуемого, при попарном сравнении крайних значений значений были обнаружены различия на уровне статистической тенденции  $t(20)=-1,733$ ,  $p=0,098$ . Проприоцептивное смещение при изменении положения руки на 5 градусов равно 3 см, а при изменении в 30 градусов смещение составляет 5,73 см. Но оценить динамику изменения ошибок в оценке расстояния в зависимости от изменения угла не представляется возможным (см. рис.8).

Статистически значимых различий в оценках испытуемых по всему опроснику не было обнаружено.



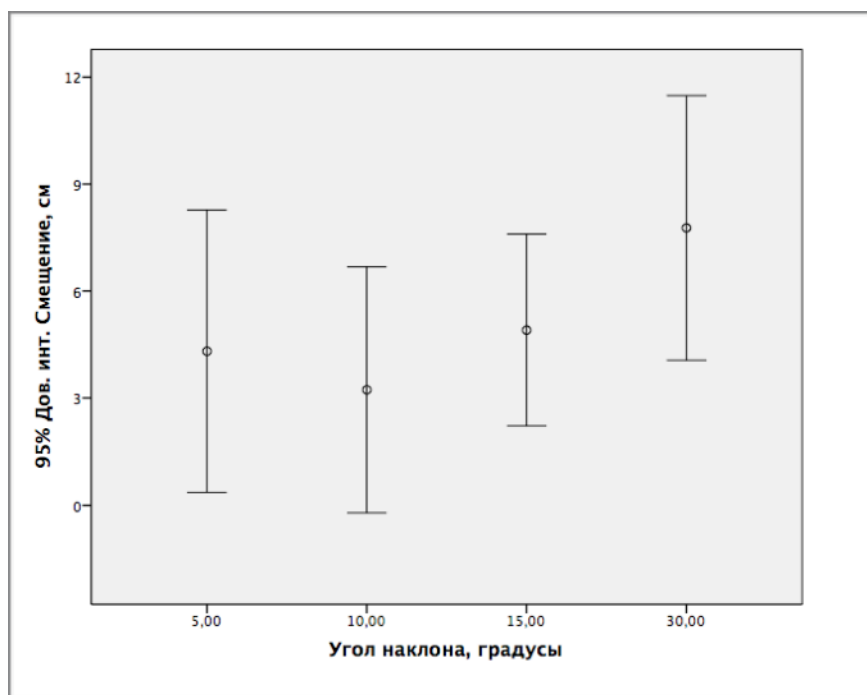
**Рисунок 8. Среднее значение проприоцептивного смещения в зависимости от угла изменения положения настоящей руки**

При рассмотрении изменения оценок опросника по каждому из 9 утверждений были обнаружены различия на уровне статистической тенденции ( $\chi^2(3)=7,299$ ,  $p=0,063$ ). В случае, когда смещается настоящая рука испытуемые склонны давать низкие оценки в 7 вопросе — средний ранг равен 1,89, при условии, что 1 — это отсутствие описанных ощущения, не согласие с утверждением.

### **3.4. Анализ синхронного и асинхронного смещения рук относительно всего тела**

Анализ эмпирических вероятностей отсутствия смещения оценки расстояния в сторону искусственной руки показал значимое влияние фактора угла на проприоцептивное смещение (ANOVA:  $df1=3$ ;  $df2=60$ ;  $F=2,991$ ;  $p=0,038$ ).

В группе, где две руки смещаются синхронно относительно тела, при сравнении крайних значений переменной были обнаружены различия на уровне статистической тенденции  $t(20)=-1,876$ ,  $p=0,077$ . Проприоцептивное смещение при изменении положения обеих рук на 5 градусов равно 4,32 см, а при изменении в 30 градусов смещение составляет 7,77 см. При увеличении градуса смещения рук эффект иллюзии усиливается (см. рис.9).



**Рисунок 9. Среднее значение проприоцептивного смещения в зависимости от угла изменения положения обеих рук синхронно относительно тела**

В группе, где две руки смещаются синхронно относительно друг друга (асинхронно телу), при сравнении крайних значений переменной статистически значимых различий не обнаружено.

Также не обнаружено статистически значимых различий в оценках опросника ни при синхронном, ни при асинхронном смещениях обеих рук относительно тела.

### **3.5. Обсуждение результатов**

#### **Репликация «классического эксперимента» Ботвиника с резиновой рукой**

Результаты, которые удалось получить реплицируя эксперимент профессора Мэтью Ботвиника (Botvinick, Cohen, 1998), на противоречат результатам оригинального эксперимента. Испытуемые после стимуляции склонны совершать ошибку в оценке расстояния до своей реальной левой руки. А субъективные показатели, фиксирующиеся при помощи опросника, демонстрируют, что испытуемые ощущали эффект иллюзии «резиновой руки». Субъективный показатель иллюзии и проприорецептивное смещение коррелируют друг с другом.

Но при этом наши результаты отличаются от результатов, которые получили ученые до нас. Средняя ошибка в оценке расстояния до левой руки в классическом эксперименте составила 8 см (Botvinick, Cohen, 1998), а в нашем эксперименте она равная 3,71 см. Разница проприорецептивного смещения чуть более чем в 2 раза может быть обусловлена несколькими факторами: длительностью стимуляции, эффектом Пигмалиона и внутригрупповым планом.

В оригинальном эксперименте с иллюзией резиновой руки поглаживания кисточками длились 30 минут. Было зафиксировано, чем дольше длится эта стимуляции, тем больше объективный и субъективный показатели иллюзии «резиновой руки». Так как в нашей репликации этого эксперимента стимуляция длилась всего 5 минут, то полученное проприорецептивное смещение можно считать нормальным для подобного эксперимента.

Эффект Пигмалиона или эффект Розенталя (Rosenthal, Jacobson, 1966) — это явление, состоящее в том, что экспериментатор, твердо убежденный в верности какой-то информации, непроизвольно действует так, что она получает фактическое подтверждение. Этот эффект может оказывать влияние на любом из этапов исследования. Метод иллюзии «резиновой руки» крайне восприимчив к этому эффекту, если стимуляцию осуществляет экспериментатор и находится

в постоянном контакте с испытуемыми. Так используя одни и те же материалы, инструменты, проводя исследования в одной и той же лаборатории, два разных экспериментатора могут получить диаметрально противоположные результаты (Горюнова, Кулиева, Кувалдина, 2015).

На размер проприорецептивного смещения может оказывать влияние и используемый в исследовании план. Так при межгрупповом плане ошибка в оценке расстояния будет больше, чем во внутригрупповом (Горюнова, Кулиева, Кувалдина, 2015).

### **Репликация эксперимента Константины и Хаггарда**

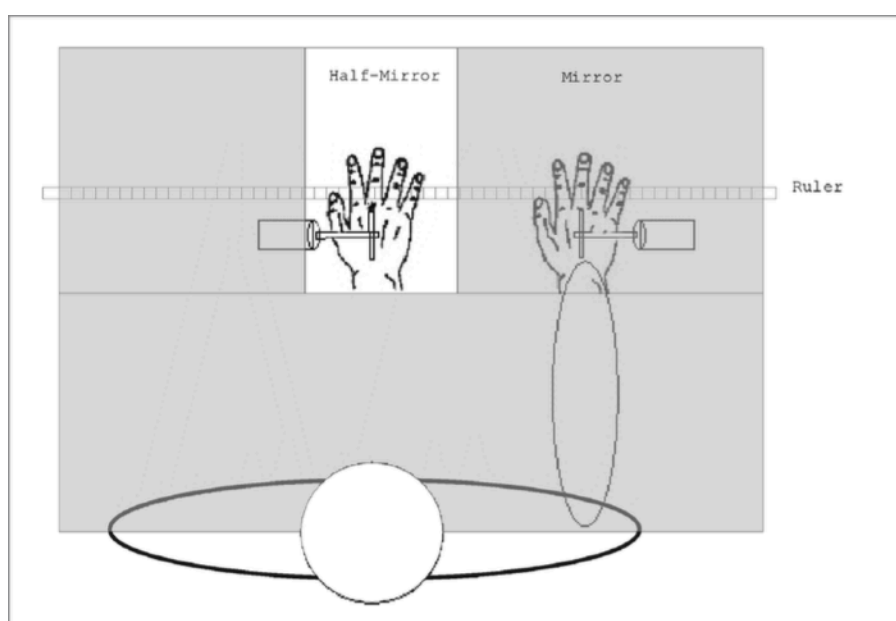
Результаты, полученные при репликации эксперимента Константины и Хаггарда (Costantini, Haggard, 2007) частично совпадают с результатами, которые получили авторы упомянутого исследования.

В нашем эксперименте подтвердилась главная идея Константины и Хаггарда — главный эффект — постепенное увеличение градуса отклонения резиновой руки от исходного параллельного положения резиновой и настоящей левой руки испытуемого отрицательно скажется на эффекте иллюзии. Различие в том, что авторам оригинального эксперимента удалось зафиксировать эффект уменьшения действия иллюзии при смещении настоящей руки (Costantini, Haggard, 2007), мы же зафиксировали его при смещении резиновой руки.

Также есть различие в размере проприорецептивного смещения. В контрольном условии оригинального исследования, когда обе руки расположены параллельно друг другу, средняя ошибка в оценке расстояния составила 2,07 см, а в нашей репликации этого эксперимента — 3,71 см. Поэтому даже в ситуации, когда у Константины и Хаггарда эффект иллюзии не обнаруживался — смещение резиновой руки на 10 градусов и смещение настоящей руки на 30 градусов — у нас он проявлялся за счет большей силы иллюзии, присутствующей уже в контрольном условии.

Также разница в результатах может быть обусловлена: способом стимуляции, способом замера, типом искусственной руки и временем стимуляции.

Хаггарда и Константины создали специальную автоматизированную установку (см. рис. 10), которая абсолютно синхронно поглаживала кисточками обе руки испытуемого. Тем самым им удалось убрать прямое воздействие экспериментатора (тем самым уменьшив возможность проявления эффекта Пигмалиона) и добиться идеальной синхронности при стимуляции, что увеличивает скорость формирования иллюзии (2 минуты стимуляции было достаточно). Автоматизирован был и способ замера проприорецептивного смещения (Costantini, Haggard, 2007).



**Рисунок 10. Экспериментальная установка в эксперименте Константины и Хаггарда. Правая рука участника исчезает из поля зрения во время эксперимента. Резиновая рука появляется, выровненная по срединной линии участника, только во время стимуляции и исчезает во время замера (взято из Costantini, Haggard, 2007).**

Мы при репликации использовали классический инструментарий. Экспериментатор сам поглаживал кисточками руки испытуемого. Пилотажный эксперимент показал, что при таком типе стимуляции двух минут не достаточно для возникновения иллюзии. Ведь экспериментатор, в отличии от машины, не может добиться абсолютной синхронности в движениях обеих своих рук, а асинхронность в более чем 300 мс «ломает» иллюзию (Bekrater-Bodmann et al, 2014). Поэтому длительность стимуляции в нашем эксперименте в 2,5 раза

превышает длительность воздействия в оригинальном эксперименте исследователей. Стабильный контакт экспериментатора с испытуемым увеличивает вероятность проявления эффекта Пигмалиона (Rosenthal, Jacobson, 1966).

Также в реплицируемом эксперименте использовалась правая рука, а в нашей репликации — левая. Влияет ли рука, на которой проводится эксперимент, изучалось лишь однажды. Различия, представленные в результатах этого исследования, оказались статистически не значимыми. Однако, выборка для проверки иллюзии на правой руке состояла из 15 человек, а на левой — из 5 человек (Ehrsson, 2009). Поэтому мы не можем сделать выводы об отличии работы с той или иной рукой.

Проблема корректности репликации и дальнейшего сравнения результатов исследования остро проявляется, когда речь идет о работе с таким методом, как иллюзия «резиновой руки». Каждая группа ученых использует свой инструментарий, разрабатывает установки, выбирает более удобные способы замера или модернизирует часть из них. Поэтому сложно быть уверенным в том, что зафиксированный ими эффект является результатом воздействия варьируемых факторов, а не побочным действием изменения условий и метода исследования. А из-за эффекта Пигмалиона (Rosenthal R., Jacobson L., 1966; 1968) сложно делать выводы при сравнении результатов, полученных классическим способом (экспериментатор вручную осуществляет стимуляцию), с результатами, зафиксированными при помощи точных современных технологий.

### **Синхронное и асинхронное смещения рук относительно всего тела**

Константини и Хаггард были первыми исследователями, которые задались вопросом о том, как отклонение от параллельного положения рук (пространственная асинхронизация рук относительно друг друга) будет влиять на эффект иллюзии. Но они не исследовали, как будет проявляться пространственная асинхронизация рук относительно корпуса, всего тела человека. Именно этот тип пространственной синхронизации был рассмотрен в



нашем эксперименте.

Как и предполагалось, асинхронное положение рук относительно всего тела отрицательно сказалось на действии иллюзии. Этот эффект интересен тем, что в таком положении сохраняется условие параллельного расположения резиновой руки и настоящей, смещаются они одновременно, стимуляция осуществляется настолько синхронно, насколько это может обеспечить человек — обеспечены все условия для возникновения сильной иллюзии — но при этом иллюзия слабеет. И виной тому противопоставление положения рук всему телу.

Иллюзия «резиновой руки» завязана на «схеме тела» человека. «Схема тела» состоит из двух блоков: статичный (содержит информацию о габаритах тела и почти не изменяется) и динамичный (активно корректируется) (Vignemont de, 2010). Во время эксперимента происходят обратимые изменения в этой схеме. Они возможны за счет того, что положение рук незначительно разнесено в пространстве и не противоречит информации, заключенной в статичном блоке «схемы тела». Поэтому ее динамичный блок пытается осуществить корректировку за счет получаемой информации. Но в ситуации противоречия статичному блоку «схемы тела» корректировка не происходит. Подобный эффект был зафиксирован в экспериментах с поворотом искусственной руки на 90 и 180 градусов (Pavani, Spence, Driver, 2000). В таких случаях возникает сильное противоречие со схемой тела, поэтому иллюзия не возникает.

При пространственной асинхронизации обеих рук относительно друг друга, но с отсутствием противопоставления этого положения всей «схеме тела», как и ожидалось, иллюзия возникала сильнее, чем в предыдущем условии.

Однако с увеличением градуса отклонения обеих рук иллюзия усиливалась. Подобный эффект может быть обусловлен активностью динамического блока «схемы тела».

«Схема тела» человек всегда стремится соответствовать реальности, поэтому она способна к корректировке за счет динамического блока (Vignemont de, 2010). Так как положение рук испытуемых в этом условии эксперимента на

противоречит статичному блоку, то «схема тела» может быть скорректирована. Возможно, увеличение градуса отклонения рук от параллельного положения относительно друг друга под действием иллюзии делают актуальную «схему тела» максимально неприемлемой. А так как она стремится соответствовать реальности, то и необходимость в срочной корректировке возрастает с увеличением отклонения рук. Возможно именно поэтому проприоцептивное смещение увеличивается с увеличением градуса отклонения обеих рук от исходного параллельного положения относительно друг друга.

Результаты проведенного исследования демонстрируют, что внесение пространственной асинхронности при помощи отклонения руки от параллельного положения не уничтожает иллюзию при условии, что сохраняется пространственная синхронизация рук относительно «схемы тела» человека. Полученные данные соответствуют концепции пространственно-временной корреляции событий Армея и Рамачандрана.

## **ВЫВОДЫ**

1. Увеличение градуса отклонения от параллельного состояния рук уменьшает иллюзию в случае, когда смещается резиновая рука и незначительно влияет при смещении настоящей руки испытуемого.
2. Гипотеза о том, что при смещении резиновой руки иллюзия не сформируется, не подтвердилась.
3. Гипотеза о том, что смещение настоящей руки вызовет ухудшение эффекта иллюзии, не подтвердилась.
4. Для формирования иллюзии отсутствие противопоставления положения рук всему телу (асинхронность относительно тела) важнее, чем сохранение параллельного (синхронность) расположения резиновой и настоящей рук.
5. При асинхронном положении рук относительно всего тела проприоцептивное смещение (объективный замер иллюзии «резиновой руки») слабее, чем при синхронном положении.
6. Выявлена проблема сравнения результатов исследований выполненных при помощи автоматизированного и неавтоматизированного методов создания иллюзии «резиновой руки».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная работа посвящена влиянию разных видов пространственной асинхронизации на иллюзию «резиновой руки» и «схему тела» человека. Мы проанализировали влияние четырех видов пространственной асинхронизации на объективный и субъективный замер иллюзии.

В анализе литературы описаны основные теоретические модели, приведены сравнительные характеристики.

Проведенное экспериментальное исследование спланировано и проведено с учетом всех требований. Использовался внутригрупповой план при наличии контрольных и экспериментальных условий. Анализ результатов экспериментального исследования проведен в полном объеме, в соответствии с поставленными гипотезами. Выбор методов статистического анализа был сделан в соответствии со шкалами сравниваемых выборок.

Все задачи, поставленные в работе, выполнены полностью. Полученные результаты свидетельствуют о влиянии пространственной асинхронизации на иллюзию «резиновой руки» и «схему тела» человека. Выявлено, что внесение пространственной асинхронности при помощи отклонения руки от параллельного положения не оказывает критического влияния на иллюзию при условии, что сохраняется пространственная синхронизация рук относительно «схемы тела» человека.

Полученные результаты могут быть использованы в проектировании протезов и создании нейроинтерфейсов, основанных на эффекте иллюзии «резиновой руки». Также результаты могут быть использованы при более детальном изучении принципов построения «схемы тела» человека и создания единого метода работы с иллюзией «резиновой руки».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аракелян Т.А., Бегоян А.Н. Образ тела как часть концептуальной системы личности: теория и практическое применение //Современные подходы к профилактике социально значимых заболеваний. Материалы Международной научно–практической конференции, 22 сентября 2012 г .Махачкала: ИП Овчинников (АЛЕФ), 2012. -335 с.; с.160-163.
2. Горюнова И.Е., Кулиева А.К., Кувалдина М.Б. 2015. Влияние экспериментатора и дизайна исследования на замер иллюзии «резиновой руки»//Материалы конференции «Когнитивная наука в Москве: новые исследования», под редакцией Фаликман М.:ООО «Буки Веди» 2015.
3. Левик Ю.С. Нейробиология системы внутреннего представления собственного тела: введение в проблему и прикладные аспекты //Современная зарубежная психология. – 2012. – №. 2. – С. 97-110.
4. Левик Ю. С. Система внутреннего представления в управлении движениями и организации сенсомоторного взаимодействия //Автореф. дисс.... д. б. н. – 2006.
5. Перепелкина О.С., Арина Г.А., Николаева В.В. Телесные иллюзии: феноменология, механизмы, экспериментальные модели // Психологические исследования. 2014. Т. 7, № 38. С. 9.
6. Столин В. В. Самосознание личности. – Изд-во Моск. ун-та, 1983.
7. Armel K.C., Ramachandran V.S. Projecting sensations to external objects: evidence from skin conductance response. // Proc. Biol. Sci. 2003. T. 270. C. 1499–1506.
8. Bekrater-Bodmann R. et al. The importance of synchrony and temporal order of visual and tactile input for illusory limb ownership experiences—an fMRI study applying virtual reality //PloS one. – 2014. – Т. 9. – №. 1. – С. e87013.
9. Bonnier, P. (1905). L'Aschématie [Aschematia]. Revue Neurologique (Paris), 13, 605–609.
10. Botvinick M., Cohen J.D. Rubber hand “feels” what eyes see // Nature. 1998. T. 391. C. 756.
11. Costantini M., Haggard P. The rubber hand illusion: Sensitivity and reference frame for body ownership // Conscious. Cogn. 2007. T. 16. C. 229–240.

12. Ehrsson H. H. The experimental induction of out-of-body experiences // *Science*. – 2007. – T. 317. – №. 5841. – C. 1048-1048.
13. Ferri F. et al. The body beyond the body: expectation of a sensory event is enough to induce ownership over a fake hand // *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. – 2013. – T. 280. – №. 1765. – C. 20131140.
14. Frederique de Vignemont (2010). Body schema and body image—Pros and cons. *Neuropsychologia*, 48, 669–680.
15. Gallagher, S. (2005). *How the body shapes the mind*. New York: Oxford University Press
16. Guterstam A., Gentile G., Ehrsson H. H. The invisible hand illusion: multisensory integration leads to the embodiment of a discrete volume of empty space // *Journal of Cognitive Neuroscience*. – 2013. – T. 25. – №. 7. – C. 1078-1099.
17. Guterstam A., Petkova V. I., Ehrsson H. H. The illusion of owning a third arm // *PloS one*. – 2011. – T. 6. – №. 2. – C. e17208.
18. Head H., Holmes G. Sensory disturbances from cerebral lesions // *Brain*. – 1911/12. V.34. – P. 102-245.
19. Kaji, R., (2001) Basal ganglia as a sensory gating device for motor control. *J Med Invest* 48(3-4): 142-146.
20. Kanayama N., Sato A., Ohira H. Crossmodal effect with rubber hand illusion and gamma-band activity // *Psychophysiology*. – 2007. – T. 44. – №. 3. – C. 392-402.
21. Moseley G. L. et al. Psychologically induced cooling of a specific body part caused by the illusory ownership of an artificial counterpart // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2008. – T. 105. – №. 35. – C. 13169-13173.
22. Pavani, F., Spence, C. & Driver, J. 2000 Visual capture of touch: out-of-the-body experiences with rubber gloves. *Psychol. Sci.* 11, 353–359.
23. Petkova V. I., Ehrsson H. H. If I were you: perceptual illusion of body swapping // *PloS one*. – 2008. – T. 3. – №. 12. – C. e3832.

24. Ramachandran V.S., Hirstein W. The perception of phantom limbs. The D. O. Hebb lecture // Brain. 1998. T. 121. C. 1603–1630.
25. Ramachandran, V. S., Rogers-Ramachandran, D. & Cobb, S. 1995 Touching the phantom limb. Nature 377, 489–490.
26. Ramachandran, V. S. The Tell-Tale Brain: A Neuroscientist's Quest for What Makes Us Human, 2010.
27. Rosenthal R., Jacobson L. Teachers' expectancies: Determinants of pupils' IQ gains //Psychological reports. – 1966. – T. 19. – №. 1. – C. 115-118.
28. Schilder P. The Image and Appearance of the Human Body // J. Nerv. Ment. Dis. 1936. T. 83. C. 227–228.
29. Shahar A. Neural Basis of Embodiment: Distinct Contributions of Temporoparietal Junction and Extrastriate Body Area / A Shahar., G. Thut, C. Mohr, C.M. Miche, O. Blanke // The Journal of Neuroscience. 2006 Vol. 26. No 31. Aug. P. 8074—8081.
30. Tsakiris M., Haggard P. The rubber hand illusion revisited: visuotactile integration and self-attribution. // J. Exp. Psychol. Hum. Percept. Perform. 2005. T. 31. C. 80–91.
31. Tsakiris M. My body in the brain: A neurocognitive model of body ownership // Neuropsychologia. 2010. Vol. 48. Iss. P. 703—712.
32. van der Hoort B., Guterstam A., Ehrsson H. H. Being Barbie: the size of one's own body determines the perceived size of the world //PloS one. – 2011. – T. 6. – №. 5. – C. e20195
33. Verleger R. The left visual field advantage in rapid visual presentation is amplified rather than reduced by posterior parietal rTMS / R. Verleger, F. Moeller, M. Kuniecki, K.S. Migasiewicz, S. Groppa, H.R. Siebner // Experimental Brain Research. 2010. Vol. 203. No 2. P. 355—365.
34. Yong E. Master of illusion //Nature. – 2011. – T. 480. – №. 7376. – C. 168-170.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

ФИО \_\_\_\_\_  
 Возраст \_\_\_\_\_  
 Сфера деятельности \_\_\_\_\_

Утверждение/номер серии	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Казалось, что я чувствовал прикосновение кисти в месте, где я видел прикосновение к резиновой руке.																	
Казалось, что прикосновение, которое я чувствовал, было вызвано кистью, которая касалась резиновой руки.																	
Я чувствовал, как будто резиновая рука была моей рукой.																	
Я чувствовал, как будто моя (реальная) рука движется в направлении вправо (в направлении резиновой руки).																	
Казалось, что у меня есть более одной левой руки.																	
Казалось, что ощущение, которое я чувствовал, было где-то между моей рукой и резиновой.																	
Я чувствовал, как будто моя (реальная) рука превращалась в "резиновую".																	
Казалось, (визуально), что резиновая рука двигалась влево (по отношению к моей руке).																	
Резиновая рука стала напоминать мою собственную (реальную) руку, с точки зрения формы, тона кожи, веснушек или других визуальных преобразований.																	



## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**